

## INFRAESTRUTURAS VERDES E TECNOLOGIAS RESILIENTES: UM NOVO RUMO PARA AS CIDADES DIANTE DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS – UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ademir Martine Júnior<sup>1</sup>

**Resumo:** As mudanças climáticas intensificam eventos extremos, como enchentes, exigindo soluções inovadoras para tornar as cidades mais resilientes. A implementação de infraestruturas verdes e tecnologias resilientes surge como uma resposta eficaz a esses desafios. Através de uma revisão da literatura, este estudo demonstra que soluções como jardins de chuva, telhados verdes e sistemas de drenagem sustentáveis oferecem uma série de benefícios, incluindo a redução do risco de inundações, a melhoria da qualidade do ar e a promoção da biodiversidade. Além dos benefícios ambientais, a infraestrutura verde contribui para a melhoria da qualidade de vida, promovendo a saúde mental, a atividade física e a interação social. A presença de áreas verdes nas cidades pode aumentar o valor dos imóveis e atrair novos investimentos. No entanto, a implementação dessas soluções enfrenta desafios como a necessidade de mudanças legislativas, a falta de conhecimento técnico e os custos iniciais mais elevados. A participação da comunidade é fundamental para o sucesso de projetos de infraestrutura verde. Ao envolver os cidadãos nas decisões e na implementação, é possível garantir que as soluções atendam às necessidades locais e sejam mais bem aceitas. Além disso, a criação de parcerias entre o setor público, privado e a sociedade civil é essencial para mobilizar recursos e superar os obstáculos. Cidades como Copenhague, na Dinamarca, e Portland, nos Estados Unidos, são exemplos de sucesso na implementação de infraestruturas verdes, demonstrando que é possível conciliar desenvolvimento urbano com a preservação do meio ambiente. A experiência dessas cidades pode servir de inspiração para outras localidades que buscam construir um futuro mais sustentável. Em conclusão, a implementação de infraestruturas verdes é uma estratégia fundamental para adaptar as cidades às mudanças climáticas e promover o desenvolvimento sustentável. Ao investir em soluções baseadas na natureza, é possível construir cidades mais resilientes, saudáveis e equitativas para as futuras gerações.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas, Cidades resilientes, Gerenciamento de águas pluviais, Sustentabilidade urbana, Engenharia civil sustentável.

## GREEN INFRASTRUCTURE AND RESILIENT TECHNOLOGIES: A NEW COURSE FOR CITIES IN THE FACE OF CLIMATE CHANGE – A LITERATURE REVIEW

**Abstract:** Climate change intensifies extreme events such as floods, requiring innovative solutions to make cities more resilient. The implementation of green infrastructure and resilient technologies emerges as an effective response to these challenges. Through a literature review, this study demonstrates that solutions such as rain gardens, green roofs, and sustainable drainage systems offer a range of benefits, including reducing flood risk, improving air quality, and promoting biodiversity. In addition to the environmental benefits, green infrastructure contributes to improving the quality of life by promoting mental health, physical activity, and social interaction. The presence of green areas in cities can increase the value of real estate and attract new investments. However, the implementation of these solutions faces challenges such as the need for legislative changes, a lack of technical expertise, and higher upfront costs. Community participation is critical to the success of green infrastructure projects. By involving citizens in decisions and implementation, it is possible to ensure that solutions meet local needs and are better accepted. In addition, the creation of partnerships between the public, private and civil society sectors is essential to mobilize resources and overcome obstacles. Cities such as Copenhagen, Denmark, and Portland, United States, are examples of success in the implementation of green infrastructure, demonstrating that it is possible to reconcile urban development with the preservation of the environment. The experience of these cities can serve as an inspiration for other locations that seek to build a more sustainable future. In conclusion, the implementation of green infrastructure is a key strategy for adapting cities to climate change and promoting

<sup>1</sup>Professor Contratado da UNEMAT (Universidade Estadual de Mato Grosso). Mestre/a em Gestão e Tecnologia Ambiental pela UFR (Universidade Federal de Rondonópolis). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Instituto Candido Mendes. Engenheiro Civil pela Faculdade Anhanguera. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8625922705734266>. Orcid: 0009-0001-7844-6390. E-mail: martine.junior@unemat.br / ademirjrengcivil@gmail.com

sustainable development. By investing in nature-based solutions, it is possible to build more resilient, healthy and equitable cities for future generations.

**Keywords:** Climate change, Resilient cities, Stormwater management, Urban sustainability, Sustainable civil engineering.

## INTRODUÇÃO

As cidades, centros pulsantes da vida moderna, enfrentam desafios cada vez mais complexos em um planeta marcado pelas mudanças climáticas. Eventos extremos, como inundações, secas e ondas de calor, se intensificam, exigindo soluções inovadoras e sustentáveis para garantir a qualidade de vida de seus habitantes. Neste contexto, a infraestrutura verde emerge como uma alternativa promissora, oferecendo uma abordagem integrada para mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover o desenvolvimento urbano sustentável. Ao incorporar elementos naturais no ambiente construído, a infraestrutura verde proporciona uma série de benefícios, como a regulação do microclima, a gestão das águas pluviais, a melhoria da qualidade do ar e a promoção da biodiversidade. No entanto, a implementação da infraestrutura verde enfrenta desafios como a necessidade de mudanças legislativas, a falta de conhecimento técnico e a resistência a novas práticas. Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre a importância da infraestrutura verde na adaptação das cidades às mudanças climáticas, analisando seus benefícios, desafios e oportunidades, e discutindo as implicações para o planejamento urbano e a gestão ambiental.

165

## METODOLOGIA

A presente pesquisa adotou como metodologia a revisão bibliográfica, uma abordagem qualitativa que visa sistematizar o conhecimento existente sobre um determinado tema. Através da análise de artigos científicos, livros, relatórios e outras fontes relevantes, busca-se identificar as principais teorias, conceitos e resultados de pesquisas anteriores sobre a infraestrutura verde e sua aplicação em áreas urbanas.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Definição da Questão de Pesquisa: A pesquisa foi delimitada pela seguinte questão: Qual a importância da infraestrutura verde na adaptação das cidades às mudanças climáticas?

Elaboração dos Descritores: Foram elaborados descritores (palavras-chave) para a busca na literatura, tais como: infraestrutura verde, cidades sustentáveis, adaptação às mudanças climáticas, serviços ecossistêmicos, planejamento urbano.

Seleção das Bases de Dados: A busca por artigos científicos foi realizada em bases de dados acadêmicas, como Scopus, Web of Science, Google Scholar e SciELO, utilizando os descritores definidos anteriormente.

Crítérios de Inclusão e Exclusão: Foram estabelecidos critérios para a inclusão e exclusão dos estudos, considerando a relevância do tema, a qualidade metodológica e a atualidade das publicações.

Análise dos Dados: Os artigos selecionados foram analisados de forma qualitativa, buscando identificar os principais temas, conceitos e resultados. A análise foi realizada por meio da leitura atenta dos textos e da elaboração de um quadro comparativo para organizar as informações.

Síntese e Discussão: Após a análise dos dados, foi realizada uma síntese dos principais resultados, identificando as lacunas de conhecimento e as tendências da pesquisa na área. A discussão dos resultados permitiu relacionar os achados com o estado da arte e contribuir para o avanço do conhecimento sobre a temática.

## LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A revisão bibliográfica apresenta algumas limitações, como a dependência da qualidade e quantidade de estudos disponíveis na literatura, a possibilidade de vieses na seleção dos artigos e a dificuldade de generalizar os resultados para todos os contextos urbanos.

A revisão bibliográfica realizada permitiu identificar a importância da infraestrutura verde como ferramenta para a adaptação das cidades às mudanças climáticas. Os resultados obtidos contribuem para o avanço do conhecimento sobre o tema e podem servir de base para futuras pesquisas e projetos de implementação de infraestrutura verde em áreas urbanas.

### 1. DISCUSSÃO

A falta de ordenamento urbano, a impermeabilização do solo e a falta de planejamento adequado têm contribuído para agravar os problemas hidrológicos nas cidades, resultando em enchentes, contaminação da água e riscos para a saúde pública. Para reduzir esses impactos, é essencial usar materiais permeáveis, tecnologias de drenagem sustentável e um planejamento urbano adequado.

As mudanças nos ciclos hidrológicos são em grande parte causadas por ações humanas, como a remoção de florestas para agricultura e a disposição inadequada de resíduos que afetam a infiltração da água no solo, conforme evidenciado por Siswanto e Francés (2019).

Há uma relação de influência mútua entre o ciclo hidrológico e o desenvolvimento humano, e os impactos negativos são sentidos principalmente em áreas habitadas, como as inundações severas, como retratado no estudo de Laurent *et al.* (2017), que desenvolveu uma ferramenta para prever eventos desse tipo.

Toda a questão de mudanças severas nos ciclos hidrológicos, abrange as comunidades indígenas também, que dependem de condições climáticas ideais para sua sobrevivência, foi que estudaram Sherman *et al.* (2015), na comunidade indígena em Panaillo, localizada na Amazônia Peruana. Foi identificado que as mudanças hidrológicas da região poderiam causar desastres na agricultura, também destes povos, que precisam se adaptar, socialmente, fisicamente e tecnologicamente para estas mudanças, o que é demasiado difícil e trabalhoso.

Farias e Mendonça (2022) abordaram a questão da urbanização desordenada, enfatizando sua influência no aumento da frequência e gravidade das enchentes nas cidades. Tavares e Oliveira (2019) também discutiram os riscos à saúde pública associados a esses eventos, além de propor meios de mitigação para a cidade de Fortaleza, CE. Rodrigues e Alves (2018) examinaram as relações entre esses termos ao estudar as enchentes na cidade de São Paulo, SP.

Além da questão da falta de planejamento urbanístico para as cidades, existem outras questões importantes que interferem na hidrologia, como a disposição irregular dos resíduos, que podem influenciar na permeabilidade dos solos e assim contribuir para as inundações das comunidades urbanas, assunto relevante estudado por Peng *et al.* (2023).

Green *et al.* (2021) destacaram as dificuldades de conter as enchentes nos meios urbanos, observando que o contraste entre as edificações "cinzas" e as áreas verdes tem se tornado cada vez maior. Eles também apontaram que a mitigação dos problemas hidrográficos depende muito da boa vontade política dos governantes. Além disso, Green *et al.* (2021) ressaltaram que não se sabe, devido à falta de monitoramento, o quanto as estruturas verdes e os sistemas que elas abrangem podem interferir nos alagamentos urbanos. A falta desses dados dificulta a tomada de decisões em planejamentos.

Em outro estudo, Green *et al.* (2016) demonstraram que os benefícios das estruturas verdes, como parques e praças unidos às infraestruturas das edificações, trazem muitos benefícios às cidades de Vancouver, no Canadá, e Londres, na Inglaterra.

Derkzen *et al.* (2017) pesquisaram como os habitantes das cidades percebem o termo "estruturas verdes" ou sistemas sustentáveis de edificações, pois se os habitantes dos centros urbanos não abraçarem essa ideia, todos os estudos serão inúteis. Eles também levantaram que as famílias têm consciência das alterações climáticas e as sentem, mas quando se coloca as obras verdes no contexto como meio de mitigação dos problemas de clima e inundações, a percepção se acaba.

Van Den Bosch e Ode Sang (2017) pesquisaram a influência das "áreas verdes" existentes nas cidades e seus impactos nas vidas das pessoas. Eles concluíram que os pontos mais "naturalísticos" das cidades são essenciais para a promoção de saúde nas mesmas. O estudo da integração homem-natureza passa pela sua condição de vida nas cidades, e isso depende das questões e problemáticas mais abrangentes e conhecidas de todo o mundo. Neste contexto, surge o GREEN SURGE, um programa de integralização das propostas de cidades sustentáveis aos benefícios da população, que foi implantado na Europa e sua estrutura estudada por Pauleit *et al.* (2019).

## 1.1 TECNOLOGIAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL

As tecnologias de drenagem sustentável mais utilizadas em áreas urbanas incluem:

### 1.1.1 Áreas verdes e permeáveis

As áreas verdes e permeáveis emergem como elementos cruciais na busca por cidades mais resilientes e sustentáveis, especialmente diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela intensificação da urbanização é o que diz Hardt (2015). Ainda enfatizando que a impermeabilização do solo, característica marcante dos centros urbanos, agrava problemas como inundações, erosão e a diminuição da qualidade do ar. Nesse contexto, a implementação de áreas verdes e permeáveis surge como uma estratégia eficaz para mitigar esses impactos e promover o bem-estar da população.

O que são áreas verdes e permeáveis?

Áreas verdes permeáveis são espaços urbanos com vegetação e solos capazes de absorver a água da chuva, reduzindo o escoamento superficial e recarregando os aquíferos. Essa característica as diferencia das áreas impermeabilizadas, como ruas e estacionamentos, que direcionam a água para os sistemas de drenagem, sobrecarregando-os e aumentando o risco de inundações.

**Hardt (2015) traz alguns benefícios das áreas verdes permeáveis:**

- Redução de inundações: A capacidade de absorver a água da chuva diminui o volume de água que chega aos sistemas de drenagem, minimizando o risco de alagamentos.
- Melhoria da qualidade do ar: A vegetação presente nas áreas verdes absorve poluentes e libera oxigênio, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar.
- Regulação da temperatura: A sombra proporcionada pelas árvores e a evapotranspiração das plantas ajudam a reduzir a temperatura urbana, mitigando os efeitos das ilhas de calor.
- Proteção da biodiversidade: As áreas verdes servem como habitat para diversas espécies de plantas e animais, contribuindo para a conservação da biodiversidade urbana.
- Aumento da permeabilidade do solo: A infiltração da água no solo recarrega os aquíferos, contribuindo para a segurança hídrica.
- Melhoria da qualidade de vida: As áreas verdes proporcionam espaços para lazer, recreação e convivência social, contribuindo para a qualidade de vida da população.

A incorporação de espaços verdes e permeáveis é uma estratégia amplamente adotada para melhorar a absorção do solo, diminuir o escoamento de água e aumentar a qualidade ambiental das áreas urbanas. Bargas e Matias (2011) desafiam o termo “área verde” e propõem substituí-lo por “áreas livres”, que se referem a espaços sem construção. Ressaltam também a importância de ter 70% da área coberta por vegetação e solo permeável.

Num esforço para modernizar o conceito de espaços verdes públicos, Medina Benini e Salas (2021) sugerem defini-los como espaços livres de uso comum com vegetação que contribui para o meio ambiente e serve a fins sociais, ecológicos, científicos ou culturais. Oliveira e Salles (2020) investigaram os efeitos das edificações em espaços subterrâneos no Rio de Janeiro, RJ, e constataram que essas estruturas contribuem significativamente para a impermeabilidade do solo e aumento da temperatura, levando à formação de ilhas de calor que diminuem a disponibilidade de recursos verdes e permeáveis. áreas da cidade.

Belmiro *et al.* (2018) afirmam que os espaços verdes urbanos desempenham um papel crucial na regulação do clima das cidades, ajudando a manter a biodiversidade, a controlar a poluição atmosférica e sonora, a prevenir a erosão e as inundações e a proporcionar benefícios paisagísticos, de lazer e recreativos. Um estudo realizado por Bautista e Peña-Guzmán (2019) em Fontibón, Bogotá, Colômbia, demonstrou que o plantio de árvores e a implementação de “telhados verdes” resultaram na redução da impermeabilização do solo e do fluxo de águas superficiais na região.

Os telhados verdes têm a capacidade de absorver a água da chuva e reduzir o escoamento superficial, ajudando a prevenir inundações urbanas. Apesar de suas origens antigas, essa tecnologia ainda não é amplamente adotada no Brasil. Existem registros de estruturas com telhados verdes datados de 600 a.C., como observam Castro et al. em 2019.

### 1.1.2 Infraestrutura verde

A infraestrutura verde, para Resende e Almeida (2023) é um conceito que vem ganhando cada vez mais destaque no cenário urbano, representa uma abordagem inovadora e integrada para o planejamento e gestão das cidades. Ao contrário da infraestrutura cinza, tradicionalmente associada a elementos construídos como concreto e asfalto, a infraestrutura verde compreende um conjunto de elementos naturais e soluções baseadas na natureza que visam fornecer serviços ecossistêmicos essenciais para as cidades.

Em seu trabalho, Vasconcellos e Miyamoto (2023) mostram que a infraestrutura verde engloba uma ampla gama de elementos, desde parques e jardins até áreas naturais protegidas, corredores ecológicos, telhados verdes, jardins verticais e sistemas de drenagem sustentável. Esses elementos interagem entre si, formando uma rede que proporciona diversos benefícios para a cidade e seus habitantes

A abordagem da engenharia civil chamada infraestrutura verde abrange uma ampla gama de serviços ecológicos, incluindo pavimentos permeáveis, biovaletas, jardins de chuva e extensões de meio-fio, conforme enfatizam Maruyama e Franco (2016).

YING *et al.* (2022) em sua revisão da literatura examinaram como a infraestrutura verde é discutida na comunidade científica ao redor do mundo. Eles apontaram a intrincada natureza do tema, que abrange múltiplas disciplinas, estratégias de design e aplicações que ainda necessitam ser mais amplamente implementadas globalmente. Suas investigações têm o potencial de aprimorar a qualidade de vida das pessoas e do ecossistema como um todo.

Woodruff *et al.* (2021), ao analisarem 38 cidades da costa do Texas, EUA, identificaram que, semelhante a várias outras regiões costeiras, essas áreas estão enfrentando um aumento na degradação ambiental, riscos de desastres naturais e um crescimento populacional acelerado. As comunidades reconhecem o valor da infraestrutura verde, mesmo que não a nomeiem dessa maneira, manifestado pelo uso extensivo de estratégias para proteção de áreas abertas. Por fim, as conclusões de seu estudo sugerem que aprimorar a capacidade de planejamento é essencial para avançar na implementação de infraestruturas verdes.

Para fornecer bases para políticas públicas que promovam a criação e a gestão dessas estruturas, Arratia *et al.* (2020) realizaram um estudo sobre os estoques de carbono nas praças da cidade de São Paulo, SP, e descobriram que as características das árvores nas praças podem variar, destacando algumas delas pelo significativo acúmulo de massa.

Em uma análise comparativa conduzida por Castro (2011), tanto o asfalto poroso quanto os componentes perfurados com gramíneas mostraram resultados favoráveis, preservando a qualidade da água. Por outro lado, o estudo sobre concreto permeável, realizado por Alshareedah e Nassiri (2021), examinou não só a composição química, mas também as características físicas dessa tecnologia, empregando ferramentas de software para realizar testes. Eles propõem a realização de mais pesquisas para aprimorar ainda mais este sistema, que se apresenta como uma boa opção para o escoamento superficial de águas pluviais.

### 1.1.3 Sistemas de captação de água pluvial

Sistemas de coleta de água da chuva: A implementação de sistemas de coleta de água da chuva é uma inovação relevante para a administração sustentável das águas pluviais urbanas, contribuindo para a diminuição do volume de água que escoam e para o uso eficaz deste recurso natural.

Pesquisas conduzidas por Pereira *et al.* (2008) em uma casa de 100 m<sup>2</sup> em Goiânia, GO, evidenciaram que a coleta de água pluvial é uma opção economicamente viável e com retorno financeiro assegurado. Igualmente, Marinoski e Ghisi (2008) confirmaram a sustentabilidade econômica e ecológica da coleta de água pluvial em uma instituição de ensino em Florianópolis, SC.

A conclusão do trabalho de Goldenfum (2006) é de que a implementação de sistemas de captação de água pluvial pode representar uma oportunidade de negócio. Uma opção eficaz para preservar e valorizar o uso da água, combatendo situações de escassez em usos domésticos, industriais e comerciais.

Neste mesmo sentido, Ouriques e Barroso (2016) analisaram um sistema de captação por calhas num lavador de veículos, um dos grandes consumidores de água no Brasil, com um reservatório de 10 m<sup>3</sup> de capacidade, concluíram que com esta quantidade de água poder-se-iam ser higienizados cerca de 67 veículos com um consumo de 150 litros cada, água esta proveniente das precipitações de chuva no local.

A utilização dos telhados, calhas e cisternas foram sugeridas por Dorn de Oliveira *et al.* (2015), como alternativa de sucesso já conhecida na construção civil, funcionando

perfeitamente no nordeste brasileiro para captação das águas pluviais e armazenando-a em cisternas no solo.

#### 1.1.4 Contribuições da engenharia civil

A engenharia civil desempenha um papel crucial na redução dos efeitos das alterações climáticas. Um dos principais campos de trabalho é a administração de águas pluviais, utilizando materiais permeáveis e sistemas de escoamento eficazes.

Por que a permeabilidade é de extrema relevância?

A impermeabilização do solo, um traço característico das regiões urbanas, intensifica as questões ligadas às alterações climáticas. O artigo de Justino *et al.* (2012) aborda esta impermeabilização, explicando que ao impedir a penetração da água no solo, intensifica o fluxo superficial, sobrecarrega os sistemas de drenagem e contribui para:

- Inundações, Santos (2012): Elevação do nível de água em rios e riachos, resultando em inundações e inundações.
- Erosão do solo, Barbosa e Fearnside (2000): A pressão da água que escorre sobre ele pode provocar erosão, levando à retirada de materiais do solo e afetando a flora e a poluição dos cursos de água.

Algumas tecnologias capazes de mitigar estes efeitos:

- Pavimentos drenantes, Vaz (2019): Permitem a infiltração da água da chuva no solo, reduzindo o escoamento superficial e recarregando os aquíferos.
- Telhados verdes, Tassi *et al.* (2014): Além de proporcionar isolamento térmico e acústico, os telhados verdes retêm a água da chuva, diminuindo o volume de água que chega ao sistema de drenagem.
- Jardins de chuva, Melo *et al.* (2014): Depressões no terreno projetadas para reter e infiltrar a água da chuva, reduzindo o pico de vazão e melhorando a qualidade da água.
- Sistemas de drenagem sustentável, Mendes e Santos (2022): Combinam elementos naturais e construídos para gerenciar a água da chuva de forma eficiente, promovendo a infiltração e a evapotranspiração.

Benefícios da utilização de materiais permeáveis e sistemas de drenagem eficientes, por Pires *et al.* (2018), Pompêo (2000), Lourenço (2014), Canholi (2015) e Caldeira e Lima (2020):

- Redução do risco de inundações: Aumento da capacidade de infiltração da água no solo, diminuindo o volume de água que esco superficialmente.
- Melhoria da qualidade da água: Redução da contaminação dos corpos d'água pela diminuição do escoamento superficial.
- Recarga de aquíferos: Aumento da infiltração da água no solo, contribuindo para a recarga dos aquíferos e garantindo a disponibilidade de água subterrânea.
- Melhoria da qualidade do ar: A vegetação presente em áreas verdes e telhados verdes contribui para a melhoria da qualidade do ar, absorvendo poluentes e liberando oxigênio.
- Aumento da biodiversidade: A criação de áreas verdes e a utilização de materiais naturais contribuem para a criação de habitats para a fauna e flora, aumentando a biodiversidade urbana.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia civil, ao explorar as potencialidades das infraestruturas verdes e tecnologias resilientes, desempenha um papel crucial na construção de cidades mais sustentáveis e resilientes às mudanças climáticas. A implementação de soluções como áreas verdes permeáveis, sistemas de drenagem sustentável e telhados verdes oferece uma série de benefícios, desde a mitigação dos impactos de eventos extremos até a melhoria da qualidade de vida da população. No entanto, a transição para esse novo paradigma exige um esforço conjunto de diversos atores sociais, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e a criação de políticas públicas que incentivem a sustentabilidade. A superação de desafios como a necessidade de mudanças legislativas e a falta de conhecimento técnico é fundamental para garantir a efetividade das soluções propostas. As futuras pesquisas devem aprofundar o estudo da eficácia dessas tecnologias em diferentes contextos urbanos e analisar os impactos socioeconômicos da implementação da infraestrutura verde. A colaboração interdisciplinar e a participação ativa da comunidade são essenciais para construir cidades mais justas, habitáveis e resilientes para as futuras gerações.

## REFERÊNCIAS

ALSHAREEDAH, Othman; NASSIRI, Somayeh. Pervious concrete mixture optimization, physical, and mechanical properties and pavement design: A review. **Journal of Cleaner**

**Production**, v. 288, p. 125095, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125095>. Acesso em out. 2024.

ARRATIA, Andre Luis Dias; RIBEIRO, **Andreza Portella**; QUARESMA, Cristiano Capellani; RODRIGUES, Elaine Aparecida; LUCCA, Edgar Fernando de; CAMARGO, **Plínio Barbosa de**; NASCIMENTO, Ana Paula Branco do; FERREIRA, Maurício Lamano. (2020). Structure And Biomass Analysis Of Urban Vegetation In Squares Of Santa Cecília District, São Paulo, SP. **Revista Árvore**, 44, e4417. <https://doi.org/10.1590/1806-908820200000017>. Acesso em out. 2024.

BARBOSA, Reinaldo Imbrozio; FEARNSSIDE, Philip Martin. Erosão do solo na Amazônia: Estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 4, p. 601-601, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/tZmqMwyHQWxdkFJB3m74HRB/?lang=pt#>. Acesso em out. 2024.

BARGOS, Danúbia Caporusso; MATIAS, Lindon Fonseca. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66481/38295>. Acesso em out. 2024.

BAUTISTA, David; PEÑA-GUZMÁN, Carlos. Simulating the Hydrological Impact of Green Roof Use and an Increase in Green Areas in an Urban Catchment with i-Tree: A Case Study with the Town of Fontibón in Bogotá, Colombia. (2019). **Resources** (Basel), 8(2), 68. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/resources8020068>. Acesso em out. 2024.

BELMIRO, Aliciel; CRISTINA, Bruna; FELISBERTO, Camila; BATISTA, Damião; ORLANDO, Dayane; PEREIRA, Rafael; OLIVEIRA, Claudia Maria de Souza. Área verde - benefícios para a humanidade, saúde pública e qualidade de vida. Projeto Multidisciplinar, Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Bandeirante de São Paulo, Campo Limpo, 2018. Artigo disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1441>. Acesso em: 13 abr. 2024.

CALDEIRA, Luiz Antônio Cardoso; LIMA, Diogo Pedreira. Drenagem urbana: uma revisão de literatura. **Engineering Sciences**, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020. Disponível em: <https://www.sustenere.inf.br/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2020.002.0001>. Acesso em out. 2024.

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos, 2015. Disponível em: <https://tinyurl.com/29axh36e>. Acesso em out. 2024.

CASTRO, Aline Antonia; JACOBSEN, Adriana Raasch; OLIVEIRA, Guilherme Storch de; SOUZA, Isa Machado Martinho de; FERREIRA, Letícia Nass; FELBERG, Livia; LOYOLA, Mariane Dias. Análise das coberturas verdes como contribuição para o aumento da área permeável em grandes centros urbanos. 2019. Artigo disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3861>. Acesso em: 13 abr. 2024.

CASTRO, Andréa Souza. Uso de pavimentos permeáveis e coberturas verdes no controle qualitativo do escoamento superficial urbano. 2011. Tese de Doutorado. UFRGS. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/55975>. Acesso em out. 2024.

DERKZEN, Marthe L.; VAN TEEFFELEN, Astrid JA; VERBURG, Peter H. Infraestrutura verde para adaptação climática urbana: como as visões dos moradores sobre os impactos climáticos e a infraestrutura verde moldam as preferências de adaptação? **Landscape and urban planning**, v. 157, p. 106-130, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.05.027>. Acesso em out. 2024.

DORN DE OLIVEIRA, Tarcísio; SIMON CHRISTMANN, Samara; PIAREZAN, Juliene Biazzi. Trabalhos, Melhores. Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura. **Revista GEDECON-Gestão e Desenvolvimento em Contexto**, v. 2, n. 2, p. 01-15, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/335055015.pdf#page=2>. Acesso em out. 2024.

FARIAS, Ariadne; MENDONÇA, Francisco. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e63717, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63717>. Acesso em out. 2024.

GOLDENFUM, Joel Avruch. Reaproveitamento de águas pluviais. **Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS**, 2006. Disponível em: <https://tinyurl.com/mry2n5mx>. Acesso em 10 de out. 2024.

GREEN, Daniel; O'DONNELL, Emily; JOHNSON, Mateus; SLATER, Luísa; THORNE, Colin; ZHENG, Shan; BOOTHROYD, Richard J.; STIRLING, Ross; CHAN, Fé KS; LI, Lei. (2021). Green infrastructure: The future of urban flood risk management? **Wiley Interdisciplinary Reviews**. Water, 8(6), e1560-n/a. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wat2.1560>. Acesso em out. 2024.

GREEN, Tom L.; KRONENBERG, Jakub; ANDERSSON, Erik; ELMQVIST, Thomaz; GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik. (2016). Insurance Value of Green Infrastructure in and Around Cities. **Ecosystems** (New York), 19(6), 1051–1063. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-016-9986-x>. Acesso em out. 2024.

HARDT, Letícia Peret Antunes. **Áreas verdes e permeáveis no contexto da gestão da qualidade da paisagem urbana de Curitiba**. In: ANAIS DO 15º CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/154/218.pdf>. Acesso em: 10 de out. de 2024.

JUSTINO, Eliane Aparecida; PAULA, Heber Martins; PAIVA, Ed Carlo Rosa. Análise Do Efeito Da Impermeabilização Dos Solos Urbanos Na Drenagem De Água Pluvial Do Município De Uberlândia-MG. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 13, n. 2, 2012. DOI: 10.5216/er.v13i2.16884. Disponível em: <https://periodicos.ufcat.edu.br/index.php/espaco/article/view/16884>. Acesso em: 10 out. 2024.

LAURENT Guilherme Courty; PEDROZO-ACUÑA, Adrián; BATES, Paul David. (2017). Itzi (version 17.1): an open-source, distributed GIS model for dynamic flood simulation. **Geoscientific Model Development**, 10(4), 1835–1847. Disponível em: <https://gmd.copernicus.org/articles/10/1835/2017/>. Acesso em out. 2024.

LOURENÇO, Rossana Ramos de Abreu. **Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis**. 2014. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.26/14071>. Acesso em out. 2024.

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, Enedir. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 67–84, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/5355>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MARUYAMA, Cintia Miua; FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Pavimentos permeáveis e infraestrutura verde. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 4, n. 9, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17271/231786044920161384>. Acesso em out. 2024.

MEDINA BENINI, Sandra & SALAS, Encarnita. (2021). DECIFRANDO AS ÁREAS VERDES PÚBLICAS. 10.33081/formacao. v2i17.455. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/455>. Acesso em out. 2024.

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de; COUTINHO, Artur Paiva; PEREIRA CABRAL, Jaime J. da Silva; ANTONINO, Antônio C. Dantas; CIRILO, José Almir. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 4, p. 147–165, out. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/3mKRyFjSkPdBkhdvYVGZZLL/#>. Acesso em out. 2024.

MENDES, Alesi Teixeira; SANTOS, Gesmar Rosa dos. Drenagem e manejo sustentável de águas pluviais urbanas: o que falta para o Brasil adotar? 2022. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11420/1/TD\\_2791.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11420/1/TD_2791.pdf). Acesso em out. 2024.

OLIVEIRA, Emmanuela Lopes de; SALLES, Mara Telles. (2020). Relations Between Urban Subsoil and Climate Change in Different Neighborhoods of Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, 23, **Ambiente & sociedade**, 2020, Vol.23. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190178r2vu2020L6TD>. Acesso em out. 2024.

OURIQUES, R. Z.; BARROSO, L. B. Águas pluviais: uma alternativa para o futuro das cidades. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria (RS, Brasil), v. 10, n. 1, p. 77–91, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1254>. Acesso em: 10 out. 2024.

PAULEIT, Stephan; AMBROSE-OJI, Bianca; ANDERSSON, Erik; ANTON, Barbara; BUIJS, Arjen; HAASE, Dagmar; KONIJNENDIJK VAN DEN BOSCH, Cecil; ELANDS, Birgit; HANSEN, Rieke; KOWARIK, Ingo; KRONENBERG, Jakob; MATTIJSSEN, Thomaz; OLAFSSON, Anton Stahl; RALL, Emily; VAN DER JAGT, Alexander P.N. (2019). Advancing urban green infrastructure in Europe: Outcomes and reflections from the GREEN

SURGE project. **Urban Forestry & Urban Greening**, 40, 4–16. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.10.006>. Acesso em out. 2024.

PENG, Zhangjie; EDMONDSON, Jill; STIRLING, Ross; GREEN, Daniel; DAWSON, Richard; DE-VILLE, Simon; STOVIN, Virginia. (2023). Visualisation of clogging in green infrastructure growing media. **Urban Water Journal**, 20(4), 477–486. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2023.2180394>. Acesso em out. 2024.

PEREIRA, Leandro Roncato; PASQUALETTO, Antônio; MINAMI, Marco YM. Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m<sup>2</sup> de cobertura. **Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) –Pontifícia Universidade Católica de Goiás**, 2008. Disponível em: <https://tinyurl.com/3muaefa3>. Acesso em out. 2024.

PIRES, Rodrigo Azevedo Gonçalves; CALADO, Jane Da Cunha; FURTADO, Dayana Brainer Da Silva; SILVA NETO, Wilson Levy Braga Da. Viabilidade técnica do asfalto permeável, como alternativa na mitigação de inundações em áreas urbanas. **VII SINGEP–Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**, p. 1-14, 2018. Disponível em: <https://singep.org.br/7singep/resultado/66.pdf>. Acesso em out. 2024.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000. Disponível em: <https://bit.ly/3NpIZxw>. Acesso em out. 2024.

RATHKE, Thiago Alex. Medidas de controle pluvial no lote: pavimentos permeáveis e telhados verdes. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRGS. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/65442>. Acesso em out. 2024.

REZENDE, Wagner de Souza; ALMEIDA, Lorrany Caroline Marques. Qual o Papel da Infraestrutura Verde no Desenvolvimento Sustentável das Cidades Pequenas. **Scientific Journal ANAP**, [S. l.], v. 1, n. 5, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/4160>. Acesso em: 10 out. 2024.

SANTOS, Kesia Rodrigues dos. Inundações Urbanas: Um Passeio Pela Literatura. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, [S. l.], v. 1, n. 01, p. 177–190, 2012. Disponível em: <http://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/585>. Acesso em: 10 out. 2024.

SHERMAN, Minha; FORD, James; LLANOS-CUENTAS, Alejandro; VALDIVIA, Maria José; BUSSALLEU, Alejandra. (2015). Vulnerability and adaptive capacity of community food systems in the Peruvian Amazon: a case study from Panaillo. **Natural Hazards (Dordrecht)**, 77(3), 2049–2079. Disponível em: <https://bit.ly/3U4J5hu>. Acesso em out. 2024.

SISWANTO, Shantosa Yudha; FRANCÉS, Félix. (2019). How land use/land cover changes can affect water, flooding and sedimentation in a tropical watershed: a case study using distributed modeling in the Upper Citarum watershed, Indonesia. **Environmental Earth Sciences**, 78(17), 1–15. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-019-8561-0>. Acesso em out. 2024.

TASSI, Rutinéia; TASSINARI, Lucas Camargo da Silva; PICCILLI, Daniel Gustavo Allasia; PERSCH, Cristiano Gabriel. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das

águas pluviais. *Ambiente Construído*, v. 14, n. 1, p. 139–154, jan. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/SLTzVMTPCbKMQxxTb37FzCr/#>. Acesso em out. 2024.

VAN DEN BOSCH, M.; ODE, Sang Å; (2017). Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – A systematic review of reviews. *Environmental Research*, 158, 373–384. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.040>. Acesso em out. 2024.

VASCONCELLOS, Andréa; MIYAMOTO, James. Infraestrutura verde: uma revisão de literatura. *Revista Thésis*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 16, 2023. DOI: 10.51924/revthesis.2023.v8.393. Disponível em: <https://thesis.anparq.org.br/revista-thesis/article/view/393>. Acesso em: 10 out. 2024.

VAZ, Igor Catão Martins. **Estudo da utilização de pavimentos drenantes com fins de captação de água pluvial para economia de água potável em universidades públicas**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/202844>. Acesso em out. 2024.

WOODRUFF, Sierra; TRAN, Tho; LEE, Jessica; WILKINS, Chandler; NEWMAN, Galen; NDUBISI, Forster; VAN ZANDT, Shannon. (2020). Green infrastructure in comprehensive plans in coastal Texas. *Journal of Environmental Planning and Management*, 64(9), 1578–1598. <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1835618>. Acesso em out. 2024.

YING, Jun; ZHANG, Xiaojing; ZHANG, Yiqi; BILAN, Svitlana. (2022). Infraestrutura verde: revisão sistemática da literatura. *Pesquisa Econômica-Ekonomska Istraživanja*, 35 (1), 343–366. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1893202>. Acesso em out. 2024.

*Recebido: 12 de novembro de 2024*

*Aceito: 15 de dezembro de 2024*